

開削トンネルにおける地震時液状化に伴う浮き上がり対策工に関する重力場振動台実験

九州工業大学工学部 正会員 廣岡 明彦 永瀬 英生
九州工業大学大学院 学生会員 ○橋本 裕二郎
九州工業大学工学部 非会員 近江 洋史

1.研究の目的及び背景

締切り工法は、地震時の地盤のせん断変形抑制、並びに周辺地盤からの浸透による構造物近傍地盤の過剰間隙水圧上昇の抑制を目的とした工法であり、地震時の液状化に伴う地中構造物の浮き上がりに対し抑止効果を期待し得る工法である。しかしながら、その対策工法の有効性を定量的に評価した研究は少ないのが現状である。そこで本研究では、仮設土留め壁を埋め殺した場合の重力場振動台実験を実施し、締切り矢板の有無、及び構造物と基盤との距離の変化が地中構造物の浮き上がりに与える影響について調べたことを目的としている。

2.実験方法及び実験条件

実験モデルの概要を図-1 に、実験条件を表-1 に示す。模型の縮尺は想定した実物の 1/50(=λ)としており、各物理量の決定に際しては井合¹⁾の相似則を適用した。模型地中構造物は密度 $\rho=0.986(\text{g}/\text{cm}^3)$ の中空アクリル製躯体とし、模型地盤は豊浦珪砂を用いて基盤部は不飽和砂締固め法により相対密度 $\text{Dr}=70\%$ に、液状化層は水中落下法により $\text{Dr}=40\%$ に作製し、間隙流体には水の約 19 倍の粘性を持つメチルセルローズ溶液を使用した。締切り矢板は仮設土留め壁を想定し実験規模における単位長さあたりの曲げ剛性が $1.33 \times 10^5(\text{kN} \cdot \text{m}^2/\text{m})$ になるよう設計し、その敷設間隔は 150mm とした。図-2 に示す振幅約 300gal、周波数約 11.5Hz の正弦波を約 2.6 秒入力し加振実験を実施した。

これは、実物において周波数 0.6Hz の正弦波振動が約 50 秒程度持続したことに相当する。

3.実験結果及び考察

図-3 に加振終了時までの過剰間隙水圧比の平均成分最大値をプロットしたものを示す。縦軸には間隙水圧計の設置深さを示し、同一鉛直線上に位置する間隙水圧計については同一のシンボルで表記した。基盤内に設置した B29 の WP1、WP2 を除き、全ての実験ケースにおいて、非常に高い過剰間隙水圧比を示していることから地盤の剛性が液状化層全体において低下していることが推察される。また、構造物底部に設置した WP6 の比較において、B29 では構造物と基盤が近接していることにより、SB10 では締切り工法の適用により、僅かながら過剰間隙水圧の発生を抑制したものと考えられるものの、両ケースともに前述のように非常に高い値を示している。従って、締切り工法を適用した場合においても、矢板は地盤のせん断変形を抑制するに至らなかったと考えられる。これは、締切り矢板の根入れ部分が液状化層にあるため、矢板周辺地盤の

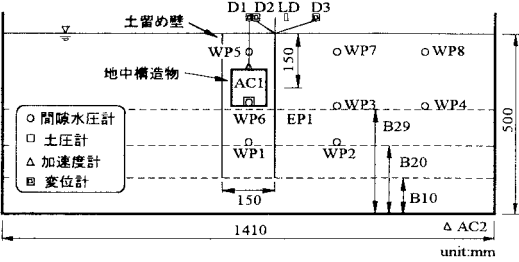


図-1 実験システム

表-1 実験条件

実験ケース	対策工	基盤高 (cm)	液状化層の相対密度 (%)
B10	—	10	45
B20	—	20	42
B29	—	29	54
SB10	締切り工	10	49

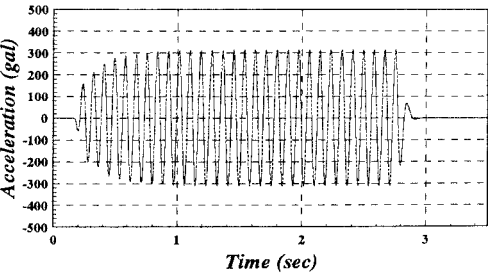


図-2 入力加速度

剛性低下に伴い矢板が比較的大きく振動し、矢板壁内地盤においてもせん断ひずみが発生したためであると推察される。

構造物底部における過剰間隙水圧比の経時変化に、構造物の加速度応答を併記したものを図-4に示す。まず、構造物の応答加速度に着目すると、全ての実験ケースにおいて加振開始直後に増幅した後、著しく減衰している様子が観察される。その後 B10、B20 では緩やかに減衰しているのに対し、B29 では約 200gal、SB10 では約 120gal の一定振幅が構造物に作用している様子が観察される。過剰間隙水圧に着目すると、加振開始直後に B10 では急激に、B29 では比較的緩やかに上昇しており、過剰間隙水圧の発生状況が前述の応答加速度における減衰と対応している様子が観察される。従って、全ての実験ケースにおいて観察される応答加速度の減衰は構造物周辺地盤の剛性低下に起因すると考えられる。

図-5に加振終了時における構造物浮き上がり量を示す。横軸に構造物の幅(L)に対する構造物底面と基盤との距離(h)の比(h/L)をとり示している。無対策で h/L の最も大きい B10と比較して B20 では 70%程度に、B29 では 15%程度に、締切り工を適用した SB10 では 35%程度に構造物の浮き上がりを抑制しており、h/L の比が小さいものほど、構造物の浮き上がりの抑制効果が顕著に現れた。また、SB10 のように根入れ部分が支持層にない締切り矢板でも構造物の浮き上がり抑制効果を有することが明らかとなった。

参考文献

1)井合進：1g 場での地盤-構造物-流体系の模型振動実験の相似則、港湾技術研究所報告、第 27 巻、第 3 号

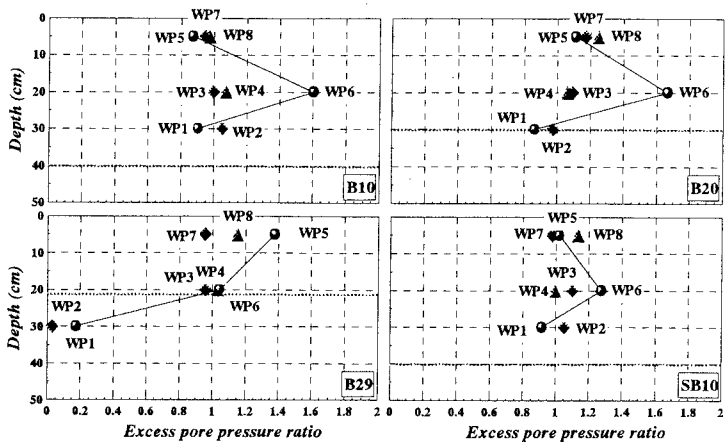


図-3 加振中における過剰間隙水圧比の最大値

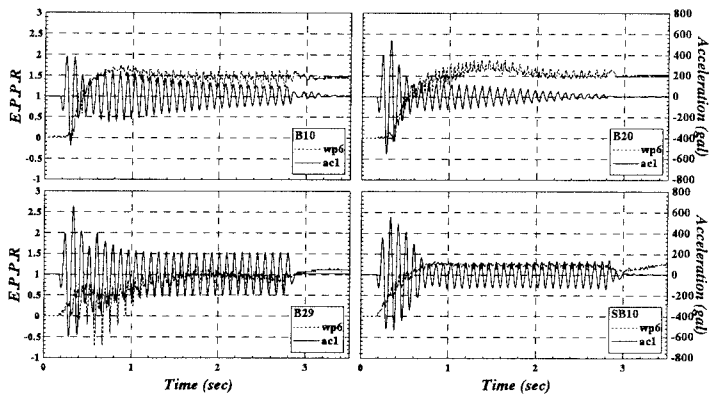


図-4 構造物応答加速度経時変化と構造物底部の過剰間隙水圧比の経時変化

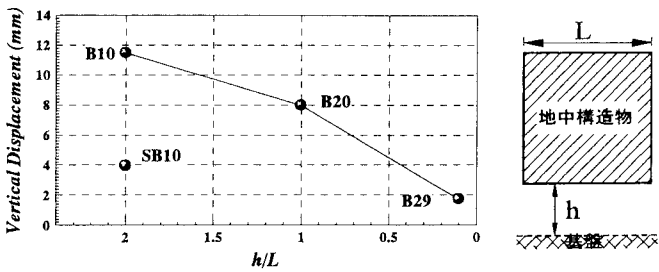


図-5 構造物浮き上がり量